

# Potenziale einer integrierten Modellierung von Geschäftsprozessen und Kommunikationsereignissen für den Betriebsfunk im ÖPNV

Dr.-Ing. Lars Schnieder  
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V.  
Institut für Verkehrssystemtechnik  
Lilienthalplatz 7, 38108 Braunschweig  
Tel.: 0531 2953444; E-Mail: [lars.schnieder@dlr.de](mailto:lars.schnieder@dlr.de)

Prof. Dr.-Ing. Diederich Wermser, Dipl.-Ing. (FH) Annika Renz  
Ostfalia Hochschule für angewandte Wissenschaften  
Institut für Kommunikationssysteme und Technologien  
Salzdahlumer Str. 46/48, 38302 Wolfenbüttel  
Tel.: 05331 939 42610; E-Mail: [d.wermser@ostfalia.de](mailto:d.wermser@ostfalia.de)

**Abstract:** Die Kommunikation zwischen der Leitstelle und den Fahrzeugen sowie der Fahrzeuge untereinander ist für die effiziente Betriebsabwicklung im öffentlichen Personennahverkehr (ÖPNV) zentral. Aktuell von den Verkehrsunternehmen eingesetzte dedizierte Kommunikationsinfrastrukturen sind insbesondere wirtschaftlich nachteilig. In diesem Beitrag wird eine auf offenen Standards basierende Kommunikationsarchitektur für Anwendungen im ÖPNV vorgestellt. Gemeinsam mit einer integrierten Modellierung von Geschäftsprozessen und Kommunikationsereignissen wird ein Weg zu einer höheren Wirtschaftlichkeit und Effizienz im ÖPNV aufgezeigt.

**Stichworte:** Prozessmodellierung, Communications Enabled Applications, IP-RTC, offene Standards, Öffentlicher Personennahverkehr

## 1 Motivation

Der effiziente Betrieb des öffentlichen Personennahverkehrs (ÖPNV) erfordert die Kommunikation zwischen der Leitstelle und den Fahrzeugen sowie der Fahrzeuge untereinander. Nur auf der Grundlage einer in Echtzeit verfügbaren Datenbasis können Fehlentwicklungen offenbart werden und ein unverzüglicher dispositiver Eingriff erfolgen. Hierbei sind die Bedürfnisse der Fahrgäste nach umfassender und korrekter Information zu beachten. Der aktuelle Stand der Technik weist die folgenden Nachteile auf:

Der *Betrieb dedizierter Kommunikationsinfrastrukturen* (analoger Betriebsfunk, digitale Betriebsfunksysteme, spezielle Mobilfunkinfrastrukturen) ist wirtschaftlich nachteilig. Die Nutzung öffentlicher Mobilfunknetze ist anzustreben.

Durch die *fehlende Anwendungsintegration* führt bei der Bearbeitung von Workflows zu Systembrüchen und Reibungs- und Informationsverlusten. Unter Verwendung einer geeigneten Modellierungsumgebung kann aus einem semiformal spezifizierten Geschäftsmodell eine konsistente Anwendung entwickelt werden, die unterliegende Anwendungen bruchlos integriert.

Die Systemtechnik des ÖPNV weist heterogene Systeme mit *proprietären Schnittstellen* auf. Durch die Verwendung einer allgemeinen Prozessbeschreibungssprache werden Kernprozesse von Verkehrsunternehmen unabhängig vom unterliegenden System modelliert und Abläufe auf der Modellierungsebene system- und schnittstellenübergreifend erfasst. Auf der Ausführungsebene werden verschiedene Werkzeuge über definierte Schnittstellen in den Prozessablauf integriert und über eine einheitliche Nutzeroberfläche bedient.

## **2 Umfassende Prozessunterstützung für Abläufe im ÖPNV**

Die Verkehrsunternehmen streben einen wirtschaftlichen und qualitätsgerechten ÖPNV an. Die vom Fahrgast wahrgenommene Qualität kann durch eine gezielte systemtechnische Gestaltung positiv beeinflusst werden. Hierfür sind nachfolgend zwei Ansatzpunkte genannt.

Die *Verfügbarkeit des Verkehrsangebots* bezeichnet den Umfang der angebotenen Dienstleistung (geografisches Gebiet, Bedienungsintervalle). Insbesondere im Abend- und Nachtverkehr sowie in der Bedienung ländlicher Räume sind die Planung von Anschlüssen und ihre zuverlässige Gewährleistung im Betrieb wichtig. Die unternehmens- und verkehrsträgerübergreifende Anschlusssicherung weist Verbesserungspotenzial auf. Dies ist der Ansatzpunkt des vorgeschlagenen Architekturkonzepts.

Die *Informationen über das Verkehrsangebot* bezeichnen die systematische Bereitstellung von Wissen über den ÖPNV, um die Planung und Durchführung von Reisen zu erleichtern. Umfassende und aktuelle Informationen unterstützen den Reisenden unter Normalbedingungen sowie bei Abweichungen vom Regelbetrieb. Das hier vorgestellte Konzept trägt zu einer Verbesserung der User Experience des Fahrgastes bei. Die Fahrgäste erhalten situationsadaptive Unterstützung und die für ihren Kontext relevante Information über Handy-Apps oder Displays im Fahrzeug. Die Verwendung offener Standards abstrahiert von spezifischen Endgeräten.

Gelingt die Integration einer adressatenspezifischen Information und Kommunikation in die Geschäftsprozesse der Betreiber, können Störungen im Betriebsablauf effizient behoben und Auswirkungen auf die Fahrgäste durch zeitnahe und individualisierte Informationen abgemildert werden. Ein wesentliches Element einer maschinengestützten Prozessunterstützung bei ÖPNV-Betreibern ist, dass jeder beteiligte Mitarbeiter eine seiner jeweiligen Aufgabe/Rolle angepasste Nutzeroberfläche erhält. Die Interaktion erfolgt kontextabhängig (visuell, taktil, akustisch). Ebenso müssen aus dieser Prozessunterstützung heraus Fahrgastansagen generiert werden können, die situationsabhängig entweder automatisch oder durch spezifische Rollen in den Prozessen gesteuert werden.

### 3 Heterogene Netze – Probleme und Lösungen

Im ÖPNV ist der größte Teil der beteiligten Agenten mobil. In der Zukunft werden alle Kommunikationsverbindungen über All-IP Netze realisiert, d.h. über nahtlos verfügbaren Transport über das IP-Protokoll. Dies betrifft sowohl den Austausch von Daten als auch Sprach- und Videokommunikation (als RTC = Real Time Communication bezeichnet). Die Sprachkommunikation wird weiterhin wesentliches Medium der Kommunikation zwischen den Agenten, aber auch integraler Bestandteil der IT-gestützten Workflows sein. Auf dem Weg dahin müssen spezifische kommunikationstechnische Anforderungen und Randbedingungen berücksichtigt werden:

- *Interoperabilität* – insbesondere in Regionalbussystemen legen Busse große Distanzen zurück. Zum aktuellen Zeitpunkt ist eine unternehmens- und verkehrsträgerübergreifende Kommunikation wegen unterschiedlicher Kommunikationstechnologien nicht möglich.
- *Räumlich und zeitlich stark schwankende Konnektivitäten* der unterlagerten Carrier-Netzwerke (insbesondere im Mobilfunkbereich). Dies führt zu Verbindungsabbrüchen sowie erheblichen Latenzzeiten in der Kommunikation durch den erforderlichen erneuten Verbindungsaufbau.

#### 3.1 Offene Standards ersetzen proprietäre Lösungen

Kernelement des vorgeschlagenen Ansatzes ist die Verwendung offener Kommunikationsstandards, die unabhängig von einem einzelnen Anbieter auf der Grundlage einer gleichberechtigten Teilnahme möglicher Wettbewerber entwickelt werden. ÖPNV-Betreiber profitieren von der Vergleichbarkeit technischer Lösungen unterschiedlicher Anbieter. Auch gelingt eine betreiberübergreifende Verzahnung der Systeme im ÖPNV. Communications Enabled Applications (CEA) und Real Time Communication (RTC) als offene Standards eröffnen wesentliche Potenziale für eine Produkt- und Prozessinnovation im ÖPNV. Die Web RTC ist ein beim World Wide Web Consortium (W3C) aktuell in der Standardisierung befindlicher offener Standard für die Echtzeitkommunikation. Dies ermöglicht Anwendungen mit hohen Anforderungen an die Echtzeitfähigkeit (Voice over IP, Videostreams) innerhalb eines Webbrowsers. WebRTC dient der Aufnahme, Kodierung und (Peer-to-Peer-)Echtzeitübertragung von Multimedia-Inhalten und Dateien zwischen Webbrowsern.

#### 3.2 Ableitung einer *Open-Standard-Kommunikationsarchitektur*

Für die Umsetzung eines auf offenen Standards beruhenden Kommunikationssystems für den ÖPNV wird eine aus drei Komponenten bestehende Kommunikationsarchitektur vorgeschlagen (vgl. [BWH13] und [HSW11]). Diese ist von ihrer Struktur (vgl. Abb. 1) für die Fahrzeug- und Infrastrukturseite gleich:

Die *Bedienoberflächen* für das Personal der Leitstelle und der Fahrer werden als Web-GUIs ausgeführt, in denen die verkehrsbezogene Anwendung zur Ausführung kommt. Die Geschäftsprozesse der Verkehrsunternehmen werden in einer geeigneten Notation (BPMN) hinterlegt. Die Ablauflogik integriert die Daten vorhandener IT-Systeme der Betreiber und eröffnet den Bedienern situationsadäquate Handlungsoptionen. Diesen Handlungsoptionen werden Kommunikationsereignisse mit entsprechenden Modalitäten zugeordnet.

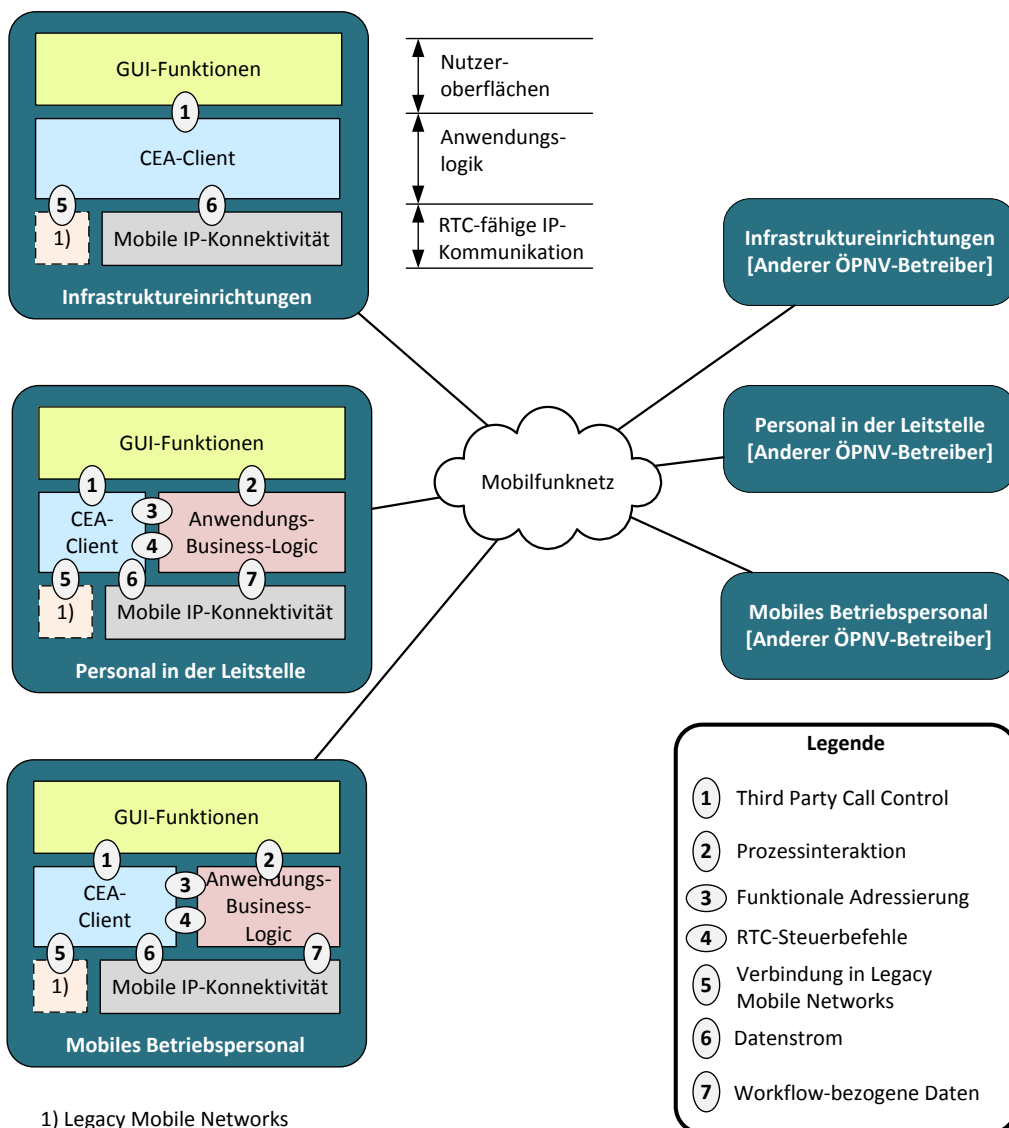


Abbildung 1: *Open-Standard-Kommunikationsarchitektur*

Innerhalb der *RTC-fähigen Kommunikationsarchitektur* erfolgt eine Abbildung der RTC-bezogenen Anwendungslogik. Hier erfolgt ein Rückgriff auf bereits vorhandene Funktionen (Warteschlangen, Konferenzräume), die auf die Logik des ÖPNV-Betriebs abgebildet werden. Darüber hinaus wird eine CEA-fähige RTC-Kommunikation für VoIP-Anwendungen oder Videoübertragung zur Verfügung gestellt.

Für mobile Anwendungen muss eine *RTC-fähige mobile IP-Kommunikation* sichergestellt werden (angemessene Layer-3-Konnektivität). Diese Funktion wird von geeigneten und für diesen Anwendungsfall funktional erweiterten Client- und Server-Kommunikationsgateways unterstützt. Dies erfordert die Implementierung neuer Merkmale für einen zuverlässigen Betrieb (Bandbreitenprädiktion, Quality of Service).

Die Orientierung der Kommunikationsarchitektur an Web-Technologien ermöglicht *neue Betreibermodelle* (Cloud Computing, Software as a Service) in Bereichen. Die ÖPNV-Betreibern sparen hierdurch teilweise Anschaffungs- und Betriebskosten, da der Servicepartner

die IT-Administration und weitere Dienstleistungen (Wartungsarbeiten, Updates) übernimmt und der ÖPNV-Betreiber sich auf sein Kerngeschäft konzentriert. Mittelfristig empfiehlt es sich, die mobile All-IP Kommunikation komplett über breitbandige LTE-Netze zu realisieren. Mobile Virtual Network Operator (MVNO), mit denen virtuelle private Mobilkommunikationsnetze auf der physischen Infrastruktur öffentlicher Mobilnetzbetreiber realisiert werden, bieten Vorteile in Bezug auf die Total Cost of Ownership (TCO) und eine sofortige Flächendeckung gegenüber eigenen physischen Funknetzen der Betreiber. Auf diesen Netzen können auch betriebsfunktypische Dienste wie Gruppenruf zur Verfügung gestellt werden [HSW11]. Des Weiteren können Priorisierungen ebenso wie individuelle QoS-Parameter einzelner IP-Verkehrsbeziehungen implementiert werden. Für eine Übergangszeit müssen Migrationsszenarien entwickelt werden, die die integrierte Nutzung mit herkömmlichen Betriebsfunknetzen (analog, digital) ermöglicht. Daraus ergeben sich für die nicht über IP angebundenen Agenten Einschränkungen hinsichtlich der Einbindung in die „Anwendungsbusiness Logic“ des Verkehrsträgers.

## 4 Prozessmodellierung mit BPMN 2.0

Als semiformale Notation zur Modellierung der Geschäftsprozesse im ÖPNV wurde für diesen Beitrag BPMN (Business Process Modell and Notation) in der Version 2.0 gewählt, da dies die folgenden Vorteile bietet:

Die Formulierung, Modellierung und Dokumentation von Geschäftsprozessen an sich leistet einen Beitrag zu *stabilen Geschäftsprozessen*. Der Betreiber kann abrufbare Prozessmodelle für häufiger vorkommende Störfälle definieren. Dies reduziert Bedienfehler und gewährleistet auch unter Störfallbedingungen eine optimale User Experience.

Die grafische Spezifikationssprache ist für Informatik-Laien *verständlich*. Dies erleichtert die Diskussion der IT-Experten mit den Fachabteilungen und vereinfacht die betreiber-individuelle Prozessmodellierung. Hierzu werden bisherige nicht maschinengestützte Vorgehensmodelle aufgenommen und basierend auf betrieblichen Erfahrungen durch den Betreiber selbst angepasst.

Für die Aufstellung eines BPMN-Modells liegen *ausgereifte Modellierungswerkzeuge* zur Definition der Prozessabläufe vor. Ergebnis der Modellierung sind unmittelbar *ausführbare Modelle*, die in Process Engines unmittelbar einen Beitrag zur Prozess-, bzw. Dienstleistungsautomatisierung leisten.

Ein BPMN-Modell unterstützt die Beschreibung der Beteiligung von Menschen an modellierten Prozessen (*human interaction*). Das Interaktionsdesign ist bei der stark arbeitsteiligen Struktur des Geschäftsprozesses *Anschlussicherung* hochgradig relevant. Hinsichtlich der Mensch-Maschine-Interaktion besteht die Möglichkeit zur Individualisierung der beschriebenen Prozesse. Busbetreiber-individuelle Sprachansagemodule oder Multimediakommunikation können umgesetzt werden.

Durch das *Internet der Dinge* gehen immer mehr Geräte online. Im Standardisierungsvorhaben IP-KOM-ÖV wurde die Grundlage einer internetprotokollbasierten Kommunikation auf Fahrzeugen gelegt [BFK12]. Hierdurch ist ein Internet der Dinge auf Fahrzeugen des ÖPNV in

Sicht. Bislang sind aber die einzelnen dort verfügbaren Informationen nicht auf Anwendungsebene integriert. Genau dies gelingt durch eine Modellierung mit BPMN.

#### **4.1 Der Prozess *Anschlussicherung* als Beispiel für einen Anwendungsfall im ÖPNV**

Abb. 2 illustriert exemplarisch die Modellierung der Prozessunterstützung für ein typisches ÖPNV-Szenario. In dem Szenario werden die Aktionen verschiedener Beteiligter zu einem stimmigen Prozessablauf koordiniert. Hierbei werden Kommunikationsbeziehungen zwischen Fahrgästen, den Busfahrern (verspäteter zubringender Bus sowie abbringender Anschlussbus) sowie dem Personal der Leitstelle der beteiligten Verkehrsunternehmen verknüpft. Dies schließt auch den Entwurf passender Interaktionskonzepte mit ein.

Das Prozessmodell *Anschlussicherung* besteht aus fünf Teilprozessen. Diese werden durch den Austausch von Nachrichten koordiniert (vgl. auch Abschnitt 5). Der Prozess (B) dient als Beispiel und wird detailliert erläutert. Der Prozess für den Busfahrer im verspäteten Bus startet, sobald der Busfahrer eine Verspätung feststellt (B.1). Der Busfahrer informiert seine Fahrgäste über die Verspätung (B.2). Die Fahrgäste können Anschlusswünsche äußern, die sie aufgrund der gemeldeten Verspätung nicht mehr wahrnehmen könnten (Nachricht M01). Äußert innerhalb von 5 Minuten kein Fahrgast einen Anschlusswunsch (B.3), endet der Prozess. Treffen Anschlusswünsche (M02) von den Fahrgästen ein (B.4), erhält der Busfahrer eine Benachrichtigung und übermittelt die Wünsche mit Nachricht M03 an die Leitstelle (B.5). Anschließend wird der Prozess beendet. Der Prozess (A) modelliert den Ablauf einer Anwendung für die Fahrgäste im verspäteten Bus. Prozessstart ist das Abonnement von Businformationen. Diese können über das Empfangen von Verspätungsmeldungen hinausgehen. Der Prozess (C) beschreibt das Handeln der Leitstelle, sobald von einem Bus Anschlusswünsche der Fahrgäste übermittelt werden. Die Information der Fahrgäste über die Sicherstellung der Anschlüsse oder der Vorschlag alternativer Routen obliegt in diesem Modell der Leitstelle. Der Prozess (D) modelliert den Anschlussbus, der durch eine Statusanfrage der Leitstelle (C.4) startet, wenn die Anschlusszeit durch die Verspätung des zubringenden Busses überschritten wird. Der Prozess (E) ist für das Modell und den Anwendungsfall einfach gehalten und mit Prozess (A) identisch. Nach der Verspätungsmeldung des Anschlussbusses hätten die Fahrgäste in der Praxis auch hier wieder die Möglichkeit, Anschlusswünsche zu äußern. Aus dem Anschlussbus wird in diesem Fall ein verspäteter Bus.

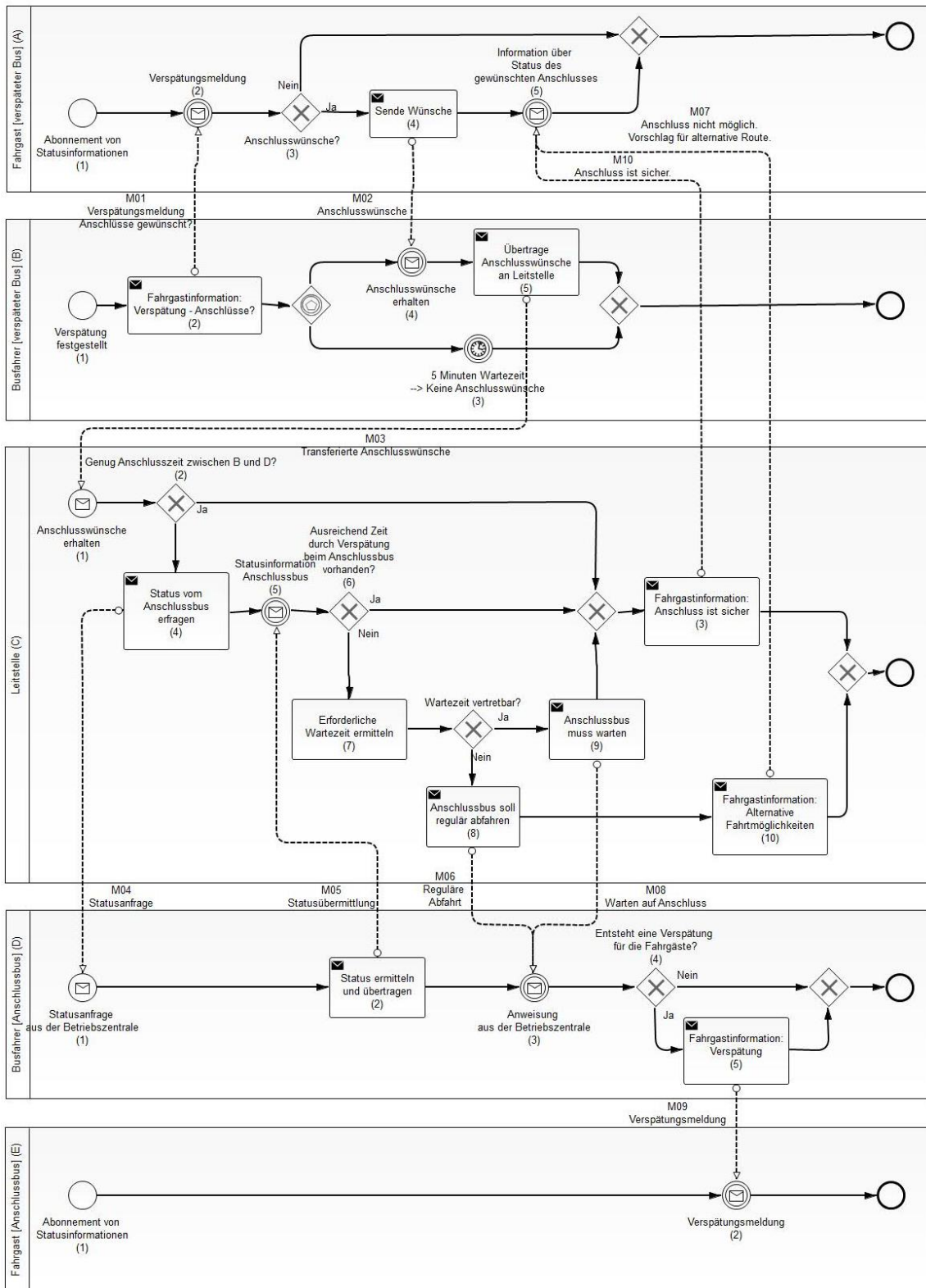


Abbildung 2: BPMN-Modell für ein Anwendungsszenario *Anschlussssicherung*

## 5 Integration von BPMN-Modellen mit RTC-Systemen

Die Entwicklung von Prozessen vom Modell in BPMN hin zu ausführbaren Anwendungen erfolgt in drei Stufen (vgl. [FR12]). Ein Prozess wird zunächst oberflächlich und leicht verständlich modelliert. Im Anschluss wird das Modell semantisch und syntaktisch korrekt ausgearbeitet. Auf dieser Basis erfolgt die Implementierung mit einer ausführbaren Anwendung. Die Implementierung umfasst die Integration von Echtzeitkommunikation in das BPMN-Modell. Komplexe BPMN-Modelle bestehen aus mehr als einem Akteur, der einen Prozess in Form einer ausgeführten Anwendung instanziiert. Da jeder Akteur einen eigenen, für sich geschlossenen Prozess besitzt, existieren entsprechend auch mehrere Prozesse zur Modellierung eines Prozessablaufs. Der Prozessablauf *Anschlussssicherung* besteht aus den fünf Akteuren Fahrgast [verspäteter Bus] (A), Busfahrer [verspäteter Bus] (B), Leitstelle (C), Busfahrer [Anschlussbus] (D) und Fahrgast [Anschlussbus] (E) (Abb. 2). Um den Ablauf korrekt ausführen zu können, werden zwischen den Akteuren Nachrichten ausgetauscht. Die BPMN gibt im Modell nicht vor, wie genau diese Nachrichten übertragen werden.

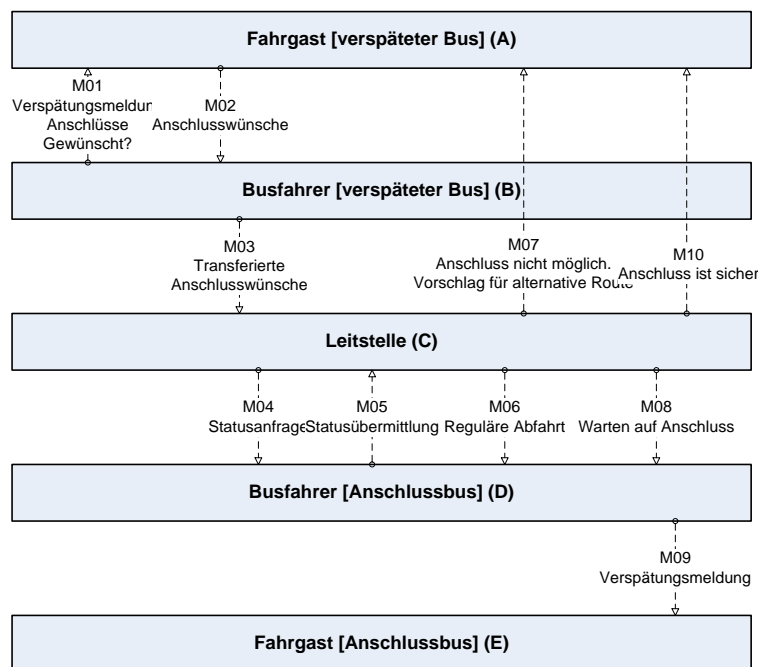


Abbildung 3: Kommunikationsablauf im BPMN-Modell mit integrierter RTC-Anbindung

Für den ÖPNV ist eine Echtzeitkommunikation für die anwendungsgerechte Informationsübertragung erforderlich. Abb. 3 zeigt die Nachrichtenflüsse zwischen den Prozessakteuren. Hierbei werden die klassischen Nachrichtenflüsse direkt ergänzt durch Echtzeit-Nachrichtenflüsse. Dabei wird im Wesentlichen Telefonie zum Einsatz kommen. Für den ÖPNV hat die Telefonie den Vorteil, dass sie Fahrer möglichst wenig vom Fahrbetrieb ablenkt. Gespräche zwischen Fahrer und Leitstelle können auch vom Fahrer über einen Klick oder aber eine Spracherkennung initiiert und während des Fahrens ausgeführt werden. Gegenüber dem klassischen Betriebsfunk hat die Telefonie den Vorteil, dass sie zwei Audiokanäle zur Verfügung stellt und der Fahrer seinen Sprachkanal nicht durch Betätigen eines Tasters anfordern muss. Neben dem Audiokanal (Telefonie) stellt die Realtime Communication



auch einen Videokanal (z.B. Übertragung animierter Umsteigewege) und einen Presencekanal (z.B. Übertragung von Statusinformationen) zu Verfügung.

## 6 Interaktionskonzepte und Entwurf von Nutzerschnittstellen

Die Konzeption der Nutzeroberflächen für die Akteure ist ein weiterer Entwicklungsschritt. Der grafische Ablauf der Nutzeranwendungen orientiert sich am Prozessfluss. Modellierungstools für BPMN sehen aus diesem Grund bereits Integrationsmöglichkeiten für eine GUI (Graphical User Interface) vor. Die Herausforderung bei der GUI-Entwicklung für den ÖPNV sind die unterschiedlichen Anforderungen der Prozessakteure. Die Mensch-Maschine-Interaktion muss an die spezielle Nutzungssituation im ÖPNV angepasst werden, da teilweise nicht oder nur eingeschränkt mit visuellen Kommunikationswegen (Bildschirme) gearbeitet werden kann, sondern alternative Kommunikationswege (Sprache, Haptik) angeboten werden müssen.

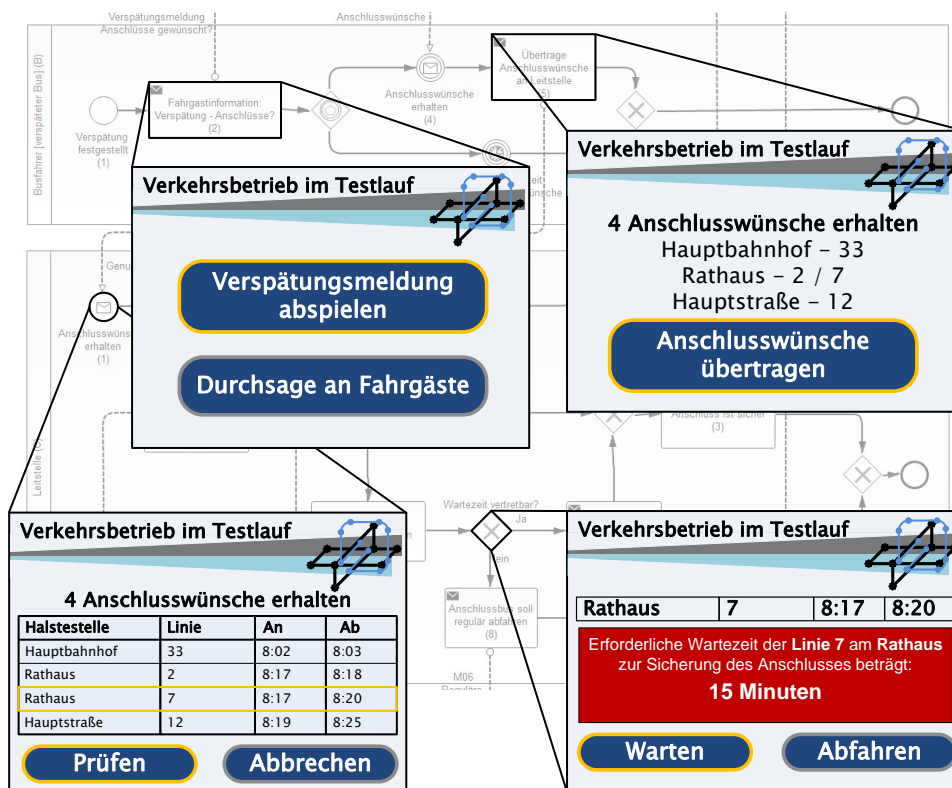


Abbildung 4: Bedienoberflächen von Leitstelle und Busfahrer

Ein dynamisches, webbasiertes Nutzerschnittstellenkonzept gewährleistet nicht nur die für die unterschiedlichen Endgeräte erforderliche Plattformunabhängigkeit, sondern auch die Entwicklung an verschiedene Endgeräte und die vorhandenen Anzeigemöglichkeiten angepasste Oberflächen. In Abb. 4 ist ein Ausschnitt aus einem BPMN-Modell mit jeweils zwei Bedienoberflächen für den Busfahrer (verspäteter Bus) und zwei Oberflächen für das Personal in der Leitstelle dargestellt. Die Oberflächen für den Fahrer sind dabei auf Touch-Bedienung und Audioverbindungen ausgelegt. Die Oberflächen in der Leitstelle können auf üblichen Desktop-Arbeitsplätzen bedient werden.

## 7 Fazit und Ausblick

Mit dem skizzierten Architekturkonzept gelingt eine bruchlose Unterstützung von Geschäftsprozessen im ÖPNV. Mit der Nutzung auf offenen Standards basierenden Kommunikationstechnologien ergänzt das Konzept aktuell laufende Standardisierungsbestrebungen [KMH11][BFK12]. Um das Potenzial einer durchgängigen IP-basierten Kommunikationstechnologie im ÖPNV auszuschöpfen, muss diese zu einer RTC-fähigen Mobilkommunikation erweitert werden. Hierdurch werden bestehende systemtechnische Grenzen überwunden. Die realisierte prototypische Implementierung der Anschlusssicherung zeigt Potenzial für weitergehende Aktivitäten auf. Die Verwendung der RTC-Standards ermöglicht die *Ausweitung des Ansatzes von Audiokommunikation zu audiovisueller Kommunikation*. Hierüber werden weitere bislang parallel zu den Betriebsführungssystemen laufende Anwendungen (z.B. CCTV) in der Leitstelle integrierbar. Die BPMN-Modellierung der Prozesse verdeutlicht die Vielfalt an Mensch-Maschine-Interaktionen, welche bislang durch einfache Bedienoberflächen unterstützt werden. Für die modellierten Prozesse und Bedienoberflächen wird eine *Untersuchung zur Nutzerakzeptanz* durchgeführt. Auf dieser Basis werden Konzepte zur *Optimierung der Interaktionsmechanismen* durch alternative Bedienkonzepte (z.B. Gestensteuerung) ausgearbeitet, prototypisch realisiert und auf ihre Wirksamkeit hin untersucht.

## 8 Literatur

- [BFK12] Bandelin, Holger; Franke, Torsten, Kruppa, Ralf; Wehrmann, Andreas; Weißert, Dirk: Einheitliche Plattform für ÖPNV-Kommunikation auf gutem Weg. In: Der Nahverkehr, 7+8/2012, S. 44.
- [BWH13] Beyersdorf, C. F.; Wermser, D.; Hartmann, D.; Cao, X.: Virtualization of VoIP Application Servers for Implementation of Private Unified Communication Services via LTE. 18. VDE/ITG Fachtagung Mobilkommunikation, 15.-16.05.2013, Osnabrück. ITG Fachbericht 242, VDE Verlag 2013, ISBN 978-3-8007-3516-7 .
- [FR12] Freund, Jakob, Rücker, Bernd: Praxishandbuch BPMN 2.0. Carl Hanser Verlag (München Wien), 2012.
- [HSW11] Hartmann, D.; Cao, X.; Stephan, M.; Wermser, D.; Zeuschner, M.; Andjelo, F.; Hunger, R.: Initial Development of a SIP-/RTP-based Core Network for the TETRA Mobile Radio System aiming at Transparent Availability of its Features in LTE. 16. VDE/ITG Fachtagung Mobilkommunikation, 18.-19.05.2011, Osnabrück.. ITG Fachbericht 230, VDE Verlag 2011, ISBN 978-3-8007-3352-1.
- [KMH11] Krömker, Heidi; Mayas, Cindy; Hörold, Stephan; Wehrmann, Andreas; Radermacher, Berthold: In den Schuhen des Fahrgasts – Entwickler wechseln Perspektive. In: der Nahverkehr 7+8/2011, S. 45.